

Kimmo Kauko

VENTTIILIEN VALINTAPERUSTEET LAIVAJÄRJESTELMISSÄ

Merenkulun koulutusohjelma

2016

VENTTIILIEN VALINTAPERUSTEET LAIVAJÄRJESTELMISSÄ

Kauko, Kimmo Kristian
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Helmikuu 2016
Ohjaaja: Ahvenjärvi, Sauli
Sivumäärä: 37
Liitteitä: 0

Asiasanat: venttiili, valintaperusteet, materiaalit, tiivistet

Opinnäytetyön aiheena on selvittää eri venttiilityyppien valintaperusteita ja käyttöä aluksilla. Tässä raportissa kuvataan eri venttiilityyppien käyttökohteita aluksilla, sekä käsitellään niiden toimintaperiaatetta ja arvioidaan niiden soveltuvuutta tietyissä laitekokonaisuuksissa. Tutkimuksessa selvitetään venttiilien valintaperusteet ja soveltuvuus eri käyttökohteisiin.

Aluksi määritellään venttiilit yleisesti ja kerrotaan mitkä ovat venttiilien yleiset valintaperusteet. Ennen varsinaisia valinnan perusteita kerrotaan yleisimpien venttiilityyppien rakenteesta. Venttiilien tiivistymiä käsitellään tutkimuksen lopussa. Koska tutkimus on tyypiltään vertailevaa, kuvailevaa ja selittävää voidaan tutkimusta pitää kvalitatiivisenä tutkimuksena. Tutkimuksessa siis pyritään ymmärtämään tutkittavan ilmiön merkitystä, tarkoitusta ja toimintaa.

Opinnäytetyön merkittävimmät lähteet ovat Pentti Häkkisen Helsingin yliopistolle tekemä tutkimus laivan putkistoista, sekä Martti Pullin kirjoittama kirja virtaustekniikka.

Tutkimuksen tulokset selventävät venttiilien soveltuvuutta ja käyttöä aluksilla. Yhteenvedona voidaan todeta, että venttiilien toiminnan ymmärtäminen on yksi tärkeimpiä prosessin hallinnan osia, ja tämä opinnäytetyö toivon mukaan auttaa alushenkilöstöä aiempaa syvempään ymmärrykseen näissä asioissa.

VALVES SELECTION CRITERIA FOR VESSEL DEVICES

Kauko, Kimmo Kristian
Satakunta University of Applied Sciences
School of Maritime Management Rauma
Degree Program in Maritime studies
Maritime Engineer`s Degree
February 2016
Supervisor: Sauli Ahvenjärvi
Number of pages: 37
Appendices: 0

Keywords: Valves, selection criteria, materials, seals

The subject of this thesis is to explore properties, selection and use of different valve types onboard vessels. The study describes the various valve types, applications on board ships, and deals with the operating principles and the suitability of valves in certain assemblies. The study examines the selection criteria and their suitability for different applications of valves .

The report begins by defining the valves in general and by presenting the general selection criteria for valves. Before description of the detailed selection criteria the construction of the most common valve types are described. The valve condensates are described at the end of the report. As the study is comparative, descriptive and explanatory the research may be regarded as a qualitative research. The study, therefore, seeks to understand the meaning, purpose and functionality of the phenomenon.

The main sources of this study are the research of Ship pipelines by Pentti Häkkinen for the University of Helsinki and the book “Flow technology” written by Martti Pulli.

This study clarifies the understanding of the suitability and use of the valves on board the ships. As a conclusion it can be said that the understanding of the functionality of the valves is one of the most important elements in management of the process, and this thesis can help the ship personnel to understand it better.

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

TERMI- JA LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tutkimuksen taustaa	7
1.2	Tutkimustehtävä ja aiheen rajaus	7
1.3	Tutkimustapa ja lähteet	7
1.4	Tutkimuksen kulku	8
2	VENTTIILIT	8
2.1	Venttiilien rakenne ja jaottelu	8
2.1.1	Säätöventtiilit.....	9
2.1.2	Sulkuventtiilit	11
2.1.3	Varo- ja pikasulkuventtiilit.....	12
2.2	Venttiilit aluksilla	13
3	VENTTIILITYYPIN VALINTA	14
3.1	Venttiilien valintaperusteita	14
3.1.1	Toiminnalliset vaatimukset.....	15
3.1.2	Yleisimpien venttiileiden käyttösoveltuvuus.....	16
3.1.3	Vaatimukset venttiilien merkinnöille	17
3.1.4	Ominaiskäyrä valintaperusteena	18
3.1.5	Materiaalit.....	19
3.1.6	Virtausaineen kemialliset ja fysikaaliset vaikutukset venttiiliin	21
3.2	Luokitus ja standardit	22
4	LASKENNALLINEN MITOITTAMINEN	24
4.1	Venttiilien virtaustekniset vaikutukset.....	24
4.2	Säätöventtiilin mitoitus	26
4.3	Sulkuventtiilin mitoitus.....	28
4.4	Varoventtiilin mitoitus	29
5	TIIVISTEET	29
5.1	Tiivisteen tehtävä ja merkitys	29
5.2	Tiivistemateriaalit ja niiden valinta	30
6	VENTTIILIEN VIKAANTUMINEN.....	31

6.1 Venttiilien vikojen havaitseminen ja niiden ennaltaehkäisy	31
6.2 Venttiilien huolto aluksilla	32
7 YHTEENVETO	35
LÄHDELUETTELO	37

TERMI- JA LYHENNELUTTELO

KV-ARVO. Venttiilin läpi virtaavan aineen maksimimäärä (m^3/h)

PN on lyhenne sanoista *pression nominale*, nimellispaine. PN-luku ilmaisee laitteen maksimi käyttöpaineen.

DN on lyhenne sanoista *diamètre nominal*, nimellinen halkaisija. DN-mitta on putken tai laitteen sisähalkaisija.

CE-MERKKI. CE-merkintä osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän EU:n direktiivien vaatimukset, ja että tuote on läpikäynyt vaaditut tarkistukset.

ARMATUURI tarkoittaa koneisiin, höyrykattiloihin ja putkistoihin kuuluvia kiinteitä linjavarusteita, joihin venttiilit kuuluvat.

DIMENSIO. Dimensiolla tarkoitetaan jonkin asian ulottuvuutta, esimerkiksi jonkin kappaleen liikedimensiolla tarkoitetaan liikkeen ääripisteiden etäisyyttä.

AKSIAALITASAIN on laite, jolla ehkäistään värinän vaikutusta laitekokonaisuuksien materiaaleihin.

LIIKEAMPLITUDI ilmaisee kappaleen värähdysliikkeen laajuutta.

BOXI on venttiilin karan tiivistepesä.

SEKLA on venttiilin karassa oleva sulkuelin.

SEETI on venttiilin rungossa oleva sulkuelin.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen taustaa

Alusten konehenkilöstöltä vaaditaan jatkuvasti enemmän yksityiskohtaista tietotaitoa. Eri laitteiden yksityiskohtainen tuntemus on tärkeää operoidessa ja suunnitellussa erilaisia laitekokonaisuuksia. Venttiilien kehityksen päämääränä on laitekokonaisuuksien turvallinen ja tehokas operointi. Siksi on tärkeää ymmärtää venttiilien yksityiskohtainen toiminta ja virheellisten valintojen merkitys. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää eri venttiilityyppien valintaperusteita, sekä auttaa aluksilla työskenteleviä ymmärtämään venttiilien valintaperusteita korjausrakentamisessa. Tutkimuksella pyritään olemassa olevan teorian vahvistamiseen, ei kumoamiseen. Tutkimuksen taustalla on olemassa teoria ja tarkoituksena on sen soveltaminen erityisesti laivajärjestelmiin.

1.2 Tutkimustehtävä ja aiheen raja

Tutkimuksen pyrkimyksenä on kertoa ja kuvailla venttiilien valintojen perusteita. Tutkimuksen lähtökohtana ei ole teorian tai hypoteesien testaaminen, vaan valintoihin vaikuttavien suureiden tarkastelu. Venttiileitä ohjaavien toimilaitteiden toimintaa ja komponentteja ei tutkimuksessa käsitellä.

1.3 Tutkimustapa ja lähteet

Tutkimuksen pohja-aineistona ovat eri venttiilejä käsittelevät tutkimukset ja aineiden virtausta käsittelevät fysiikan kaavat. Keskeisenä lähteenä on lisäksi käytetty omaa kohtaista kokemusta venttiilien huollosta ja niiden parissa toimimisesta. Lähtökohtana on sekä käytäntö että teoreettinen tutkiminen. Opinnäytetyön merkittävimmät kirjalliset lähteet ovat Pentti Häkkisen Helsingin yliopistolle tekemä tutkimus laivan putkistoista, sekä Martti Pullin kirjoittama kirja Virtaustekniikka. Yksittäisinä lähde-otantoina voidaan mainita P.J. Tunturin kirjoittama Korroosiokäsikirja.

1.4 Tutkimuksen kulku

Tämän raportin alkuosassa selvitetään eri venttiilityyppien rakennetta, jaottelua ja niiden toimintaperiaatteita. Sekä perehdytään eri venttiilityyppien jaotteluun ja käyttökohteisiin aluksilla. Venttiilien valintaperusteita käsitellään luvussa kolme. Luku neljä käsittelee laskennan perusteita.

Luvussa viisi käsitellään venttiilien tiivisteitä ja tiivistimiä. Raportin lopussa kerrotaan venttiilien vikojen havaitsemisesta ja selostetaan erään yleisen venttiilityypin huolto. Raportissa käytetään alan yleisimpiä käsitteitä.

2 VENTTIILIT

2.1 Venttiilien jaottelu ja rakenne

Venttiilit kuuluvat putkiston armatuureihin, joiden tehtävä on säätää, sulkea ja varmistaa väliaineen kulku. Eli niiden tehtävä on aiheuttaa putkistoon virtauksen muutos. (Häkkinen 1994, 55) Venttiilit nimetään niiden sulkuelimen muodon perusteella. Sulkuelimellä tarkoitetaan kappaletta joka säätää tai sulkee aineen virtauksen. Venttiilien tunnistamisessa on tärkeää määrittää onko sulkuelimen liike aksiaalinen vai kiertyvä. (Polon 1981, II)

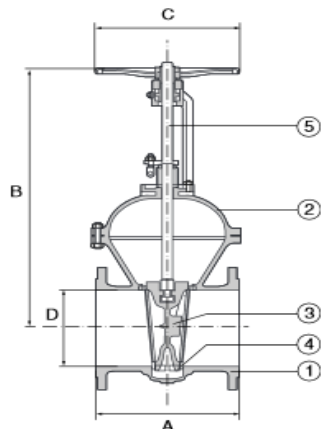
Venttiilien käyttö voi tapahtua käsikäyttöisesti, kauko-ohjaten paineilmalla tai sähköisesti. Venttiileitä on kehitetty valtaisa määrä erilaisia yhdistelmiä. Yhdistelmillä tarkoitetaan materiaalin, tyyppin ja koon kokonaisuutta. Venttiilien mitoitus on standardoitu ja sen vuoksi eri valmistajien venttiilit ovat vaihtokelpoisia mitoitukseltaan. Venttiileitä on muutaman millimetrin halkaisijoista yli kahden metrin halkaisijoihin. (Pulli 2009, 112)

Venttiili koostuu runko-osasta, sulkuelimestä ja sitä ohjaavasta karasta tai vastaavasti jousesta. Venttiilien osakokonaisuuksien tiiveys perustuu venttiilin liikkuvan karan tiivistykseen sekä venttiilin sulkuelimen kykyyn tiivistää virtausta halutulla tasolla.

Venttiileitä voidaan jaotella usealla eri perusteella. Ne voidaan jakaa niiden sulkuelimen liiketyypin perusteella, virtauskanavien lukumäärän perusteella, onko kyseessä säätö- vai sulkuventtiili tai väliaineen kulkusuunnan mukaan. Eräs mahdollinen jaottelutapa voi olla liitântätapa. Selkein tapa on kuitenkin jakaa venttiilit säätö- ja sulkuventtiileihin, koska ne muodostavat venttiilien toiminnalliset pääluokat.

Venttiilin toiminnan idea on kaikissa tyypeissä sama. Rungon sisällä kulkeva väliaine on saatava ohjattua oikeaan virtausnopeuteen aiheuttamatta sisäistä tai ulkoista vuotoa.

Venttiili koostuu runko-osasta, sulkuelimestä ja sitä ohjaavasta karasta tai vastaavasti jousesta. Venttiilien osakokonaisuuksien tiiveys perustuu venttiilin liikkuvan karan tiivistykseen sekä venttiilin sulkuelimen kykyyn tiivistää virtausta halutulla tasolla.



1.Runko 2.Kansi (rinta) 3.Luisti (sulkuelin) 4. Pitopinnat (runko + luisti) 5. Kara

Kuva 1: Kiilaluistiventtiilin leikkauskuva (Oy Konwell AB www-sivut 2016)

2.1.1 Säätöventtiilit

Säätöventtiiliä käytetään silloin, kun tehtävä on pitää virtausta ohjaamalla prosessin säädettävä suure halutussa arvossa. Toki säätö voi olla manuaalista, mutta silloin ei puhuta kontrolloidusta säädöstä. Laivan moottorin jäähdytysjärjestelmä sisältää hy-

vän esimerkin jatkuvatoimisesta säätöventtiilistä. Lämpötilan asetusarvo ohjaa venttiilin asentoa ja pitää jäähdytysjärjestelmässä kulkevan veden tietyssä lämpötilassa. (Häkkinen 1994, 61)

Säätöventtiilit jaetaan kahteen ryhmään sulkuelimen liikesuunnan perusteella.

- 1) Istukkaventtiili, kalvoventtiili, levyluistiventtiili, kiilaluistiventtiili
- 2) Palloventtiili, läppäventtiili, tulppaventtiili

Näiden edellämainittujen ryhmien ominaisuudet ja vaatimukset ovat erilaisia. Kaikkien venttiilityyppien säätöominaisuudet eroavat toisistaan, ja siksi on tärkeää tuntea venttiilityypin säädettävyyden ominaisuudet. Parhaat säätöominaisuudet ovat istukka-, pallo- ja läppäventtiileillä. Säädettävyys on yksi tärkeimpiä kriteereitä venttiiliä valittaessa. Laaja säätöala mahdollistaa mahdollisimman suurien virtauserojen tuottamisen. (Norokivi 1981, III)

Säädettävyyttä ilmaistaan maksimi- ja minimivirtauksen suhteella.

$$\text{Säädettävyys} = Q_{\max}/Q_{\min} \quad (1)$$

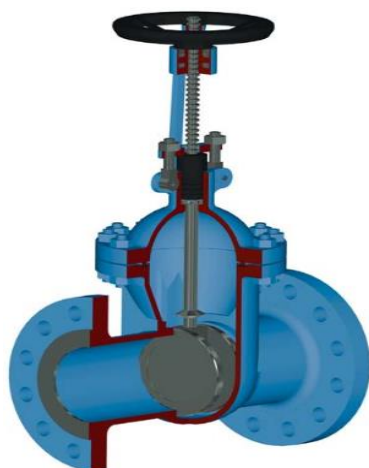


Kuva 2: Istukkaventtiilin poikkileikkaus (Oy Konwell AB www-sivut 2016)

2.1.2 Sulkuventtiilit

Sulkuventtiilin tehtävä on nimensä mukaisesti sulkea väliaineen virtaus. Periaatteessa kaikkia säätöventtiileitä voidaan käyttää myös sulkuventtiileinä, mutta se ei ole taloudellisesti kannattavaa niiden kalliimman hinnan takia. Luistiventtiili on yleisin sulkuventtiili. Luistiventtiileitä on aluksissa suhteellisen vähän, niitä käytetään lähinnä merivesikaivon sulkuventtiileinä sekä suurissa lasti- ja painolastiputkistoissa. Näissä kohteissa korostuu luistiventtiilin paras ominaisuus, joka on laaja virtausaukko. Venttiilin sulkuelin on tasomainen tai kiilamainen.

Tasomaisen luistiventtiilin tiivistys tapahtuu putkiston paineen painaessa sulkuelintä tiivistepintaa vasten. Tätä venttiilityyppiä ei laivoissa esiinny. Kiilamaisessa mallissa sulkuelin on joko kiinteä tai joustava ja se voi olla yksi- tai kaksiosainen. Kiilamaisen mallin sulkuelin kiilautuu rungon tiivistyspintoja vasten muodostaen kahden metallin välisen tiiviin pinnan. Tiiveyttä voidaan parantaa nostamalla kiristysmomenttia eli kiristää sulkuelimen sulkuvoimaa. Tiiveyttä parantaa myös väliaineen sulkuelimeen kohdistama paine. Tietyissä käyttökohteissa tiivistyspinnat voivat olla myös kumia, joskin valinnan kannalta ratkaisevaa on väliaineen vaikutus kumiseen tiivistepintaan. Luistiventtiilin hyviä puolia ovat hyvä tiiviys, monenlaiset käyttökohteet ja pieni virtausvastus. Heikkouksina voidaan pitää tiivistyspintojen vahingoittumisherkkyyttä. (Polon 1981, II)



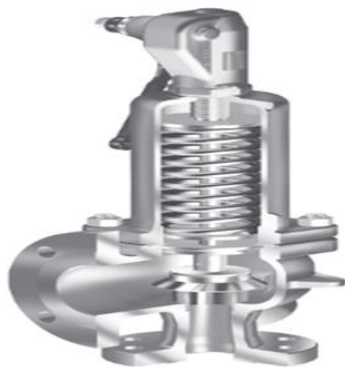
Kuva 3: Kiilaluistiventtiilin poikkileikkaus (Oy Konwell AB www-sivut 2016)

2.1.3 Varo- ja pikasulkuventtiilit

Varoventtiilin tehtävä on estää linjaston liiallinen paineennousu. Varoventtiilin tulee toimia ainoastaan fysiikanlakien vaikutuksesta ilman ulkoista ohjausta. (Häkkinen 1994, 57) Varoventtiilit varustetaan myöskin manuaalisella avausmekanismilla, jotta venttiili voidaan avata toimintahäiriön sattuessa. Varoventtiilin ulospuhallus suunnataan linjastosta ulos. Esimerkiksi höyrylinjan liiallisen paineen nousun seurauksena varoventtiili avautuu ja puhalttaa paineen asetetulle tasolle.

Varoventtiilityyppejä ovat:

- Jousikuormitteinen, jossa linjapainetta vastustava jousi on kalibroitu tiettyyn vastukseen. Vastuspaineen ylittyessä venttiili aukeaa.
- Painokuormitteinen, jossa venttiilin painetta vastustaa painojen massa ja niiden asettelupaikka.
- Murtokalvo, jossa venttiilin sulkuelimenä toimii kalvo joka on mitoitettu kestämään tietty raja-arvo. Raja-arvon ylitys aiheuttaa kalvon murtumisen ja linjan ulospuhalluksen. Murtokalvon heikkous on sen kertakäyttöisyys. Uudelleen aktivoituminen tarkoittaa kalvon vaihtoa.
- Apuohjatut varoventtiilit, jossa käyttö ja avautumispaineen ero on pieni. Venttiiliä voidaan ohjata ulkoisesti.
- Pikasulkuventtiilit ovat yleensä lautasventtiileitä. Niiden toimintaa ohjataan ulkoisesti ohjauspaineella, sähköisesti tai mekaanisesti esimerkiksi vaijerivapautuksella. Niiden tarkoitus on varoventtiileihin ajateltuna käänteinen eli tarkoitus on estää aineen kulku. Käänteinen versio on pika-aukaisuventtiili.



Kuva 4: Varoventtiilin poikkileikkaus (Oy Konwell AB [www-sivut](http://www.konwell.fi) 2016)

2.2 Venttiilit aluksilla

Laivojen putkistot sisältävät useita eri venttiilityyppejä. Tässä tarkastellaan venttiilien käyttökohteita ja rakenteellisia yksityiskohtia. Aluksilla esiintyviä venttiilityyppejä on todella runsaasti niiden kehityksen ja monenlaisten sovellusten johdosta. Tässä ei käsitellä venttiilien liitäntäasentoa eikä liitäntämekanismia. Tarkastelu on rajattu lautas-, luisti-, läppä- ja palloventtiileihin jotka kattavat suurimman osan aluksien venttiilikokonaisuuksista. Tankki- ja kemikaalialuksien lastinkäsittelystä löytyy tiettyjä erikoissovelluksia.

Lautasventtiili, jota myös istukkaventtiiliksi kutsutaan, valmistetaan lähes kaikkiin käyttökohteisiin. Lautasventtiilin heikkoutena voidaan pitää sen pituutta ja suurta virtausvastusta sen pesän muodon takia. Myös venttiilin virtauksen yksisuuntaisuus on heikkous. Hyvänä ominaisuutena pidetään lyhyttä iskunpituutta, joka sopii nesteiden käsittelyyn. Laivoilla käyttökohteita ovat kaikki nesteiden siirrot, kuten meri- ja makeavesilinjat sekä polttoainelinjat. Varo- ja pikasulkuventtiilit ovat myös lautasventtiileitä ja niiden käyttökohteita ovat polttoainetankkien ja polttoainelinjojen pikasulut sekä höyrykattilan varoventtiilit. Venttiilityyppi on rakenteeltaan yksinkertainen, jossa kokonaisuuden muodostaa runko, sulkuelin ja kara. Istukkaventtiili nimitys tulee sulkuelimen vastakappaleen mallista. Toiminnallisesti tärkeää on sulkuelimen pitopintojen tiiviys ja karan tiivistys. (Häkkinen 1994, 59) Tankki- ja kemikaalialuksien lastitankkien erikoissovellus on PV-venttiili, joka on kaksisuuntainen paineentasausventtiili. Siinä on oma kanava imu- ja puhalluspuolelle. PV venttiili on eräs lautasventtiilimalli.

Läppäventtiilin toiminta perustuu pyörivään läppään joka rajoittaa väliaineen virtausta. Läppäventtiiliä käytetään aluksilla linjastoissa joihin käy läpän tai rungon kuminen tiivistemateriaali, esimerkiksi makeavesilinjoissa. Rakenteellisesti eri mallit eroavat vain tiivisteen asettelun ja mallin osalta. Tiivisteen korjaamisen sijaan vuotava läppäventtiili kannattaa usein vaihtaa uuteen sen edullisen hinnan takia. Isoihin mittakokoihin mentäessä on toki järkevää arvioida vaihtamisen ja korjaamisen kustannukset.

Palloventtiili on yleinen säätöventtiilimalli. Nimensä mukaisesti venttiilin säätöelimenä toimii pallo. Palloventtiiliä voidaan käyttää sekä sulku- ja säätöventtiilinä, tosin edellinen ei ole järkevää venttiilityypin hinnan takia. Venttiilin sisällä olevan pallon keskellä on putkiston sisähalkaisijaa vastaava reikä jonka läpi väliaine virtaa. Rungon virtauspäissä ovat tiivistysrenkaat, joiden materiaali on yleensä teflonia tai grafiittia. Pallo on kiinnitetty tavallisesti ns. uivana karaan, joka mahdollistaa pallon ja akselin välisen liikkeen. Täsmällistä säätökäyrää haluttaessa kara-akseli laakeroidaan välyksettömäksi. Sulkuasennossa välyksellinen pallo painautuu tiivisterengasta vasten ja sulkee virtauksen. (Häkkinen 1994, 59) Tiivisteiden ja rungon väliin asetetaan jousikuormitteinen vastus tiivisterengasta vasten mikä pitää tiivistysvälyksen riittävänä, vaikka tiiviste kuluu pallon pyörimisliikkeen johdosta. Tiivisteiden käyttöikä on verrannollinen venttiilin säätötaajuuteen. Pienet palloventtiilit ns. hanat ovat umpinaisia kokonaisuuksia, joissa tiivistys tapahtuu metalli vasten metallia. Hanan vuoto aiheuttaa aina koko venttiilin vaihtamisen. Jossain malleissa ne sisältävät vaihdettavan teflontiivisteiden. Käyttökohteina näillä pienillä palloventtiileillä on matalapaineiset vesi- ja ilmalinjat.

Palloventtiilejä käytetään jäähdytysjärjestelmän säätöventtiileinä. Sen hyviä puolia on pieni virtausvastus, soveltuvuus laajalle paine- ja lämpöalueelle, hyvä tiiveys. Heikkouksina voidaan pitää suhteellisen korkeaa hintaa.

3 VENTTIILITYYPIN VALINTA

3.1 Venttiilien valintaperusteita

Venttiileiden valinta eri käyttökohteisiin tehdään aina tapauskohtaisesti ja valinnassa otetaan huomioon fyysiset, kemialliset, taloudelliset ja operatiiviset rajat. Näiden kaikkien vaikuttavien suureiden kesken tehdään optimaalinen valinta. (Pulli 2009, 112)

Venttiilityyppiä valittaessa on huomioitava useita kiinteitä ja muuttuvia suureita. Seuraavassa esitellään valintaan vaikuttavat tekijät: Tässä esitetyt asiat eivät ole tärkeysjärjestyksessä.

- Venttiilin käyttötarkoitus on tiedettävä: Onko tarkoitus säätää vai sulkea virtausta.
- Millaisia vaatimuksia venttiilin luokitukselle ja tiivisteiden materiaalille asetetaan.
- Turvallisuus. Tulee kartoittaa venttiilin turvallinen toimintaympäristö.
- Virtausaineen ominaisuudet, mitä voidaan pitää yhtenä tärkeimmistä perusteista. Virtausaineen kemialliset ja fyysiset ominaisuudet ovat merkittävän venttiilin toimivuuteen ja käyttöikään vaikuttava tekijä.
- Kapasiteetti ja painehäviö.
- Tarvittava sulku- ja avausvoima. Tässä on tärkeänä ja suurimpana vaikuttavana tekijänä linjan paine. Tämä on toimilaitteen mitoitukselle tärkein kriteeri.
- Mahdolliset ulkoiset vuodot. Mitä väliaineen vuoto voisi aiheuttaa ympäristölle ja siinä työskenteleville.
- Tarvittava palotestaushyväksyntä. Millainen on venttiilien toimintakyky palotilanteissa. Luokan vaatimukset asiasta.
- Mitat ja paino. Venttiilin soveltuvuus kohteeseen fyysisesti.
- Huollettavuus eli mahdollisuus huoltoon tai vaihtoon. Tärkeää isoilla venttiileillä joiden pitopintojen hiontaan on löydyttävä tilaa ilman suuria muiden prosessiosien purkua.

3.1.1 Toiminnalliset vaatimukset

Laitekokonaisuuksien käyttötarpeet määräävät venttiilien toiminnalliset vaatimukset. Seuraavassa yleisesti toiminnallisia vaatimuksia:

- Virtaustekniset vaatimukset (säätö, melu, kavitointi)
- Riittävä kapasiteetti
- Tiiviys
- Asennettavuus

- Kestävyys

Optimaalisen venttiilin valinta edellyttää kaikkien vaatimusten tarkan käsittelyn.

3.1.2 Yleisimpien venttiileiden käyttösoveltuvuus

Alla olevassa taulukossa on koottuna tietoa yleisimpien venttiilityyppien soveltuvuudesta ja ominaiskäyrästä. Ominaiskäyrää käsitellään luvussa 3.1.4.

Taulukko 1: Yleisimpien venttiilien käyttösoveltuvuus

Venttiilityyppi	Ominaiskäyrä	Suositeltu käyttötapa	sovellutus	edut	haitat
Luistiventtiili	pikasulku	täysin au-ki/kiinni, toistuva käyttö	vesi, kaasut, lietteet	suuri kapasiteetti, tiivis, edullinen, pieni painehäviö	huono säätöventtiili, kavitoi, ei sovellu kuristus-käyttöön
Istukkaventtiili	lineaarinen ja tasa-prosenttinen	virtaaman säätöön, toistuva käyttö	vesi, höyry, kaasut	tehokas kuristus-säätö, tarkka virtaaman säätö	suuri painehäviö, kallis
Palloventtiili	pikasulku ja lineaarinen	täysin au-ki/kiinni, toistuva käyttö, soveltuu kuristussäätöön	lietteet, useimmat nesteet, korkeat lämpötilat	suuri kapasiteetti, tiivis ja vähän huoltoa vaativa, pieni käyttömomentti	kallis
Läppäventtiili	lineaarinen ja tasa-prosenttinen	täysin au-ki/kiinni, soveltuu kuristussäätöön	nesteet, kaasut	edullinen, vähän huoltoa vaativa, suuri kapasiteetti	suuri vääntömomentti, suuri painehäviö, kavitointiherkkä pienillä virtaamilla

3.1.3 Vaatimukset venttiilien merkinnöille

Venttiiliä vaihdettaessa on suositeltava toimintatapa tarkastaa venttiilin tyyppin oikeellisuus. Lähtökohtaisesti voidaan olettaa aluksilla venttiilityypin olevan oikea, mutta aluksen elinkaaren aikana tehtyjen komponenttien korjaus- ja vaihtoraporttien arkistointi voi olla puutteellinen. Siksi on hyvä varmistaa venttiilin oikea Tyyppi. Laitekokonaisuuksien alkuperäiset kuvat ja suunnitelmat ovat relevantteja uuden venttiilin hankinnalle. Erityisesti kriittisimpien kohteiden valinnannassa luokitusehdot on tutkittava, esimerkiksi laita- ja merivesiventtiilien tyyppi. Venttiiliä valittaessa hyvä nyrkkisääntö on turvautua tunnettuun tuotemerkkiin, ja sitä kautta varmistua vaatimustenmukaisuudesta.

Venttiileistä on löydyttävä seuraavat merkinnät :

- valmistaja tai tavaramerkki
- tyyppimerkintä
- nimelliskoko DN
- paineluokka PN
- maksimikäyttölämpötila
- materiaali
- paineenalaisten osien materiaalit
- valmistusnumero tai valmistusvuosi
- CE-merkki

Venttiilien toimittajien on toimitettava seuraavat asiakirjat:

- tarkastustodistus
- venttiilityyppi
- leikkauskuva rakenteesta
- mittapiirustus päämittoineen, materiaaleineen ja pintakäsittelyineen
- Kv-arvo
- kokonaispainot toimilaitteineen
- venttiilin sulkumomentti
- tiedot mahdollisen toimilaitteen vaatimuksista
- venttiilin koeponnistus tai testauspöytäkirjat
- mahdolliset laatujärjestelmä- ja tuotesertifikaatit

- asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet
- vaatimustenmukaisuusvakuutus

3.1.4 Ominaiskäyrä valintaperusteena

Venttiilien tärkeimpinä valintaperusteina voidaan pitää virtausteknisiä ominaisuuksia. Säättöventtiilin ominaiskäyrän valinnalla vaikutetaan venttiili käyttäytymiseen ja säädettävyyteen. Jokaiselle venttiilityypille on määritetty ominaiskäyrä testauksen perusteella. Asennetun venttiilin sisäinen ominaiskäyrä ei vastaa irrallisen venttiilin ominaiskäyrää, koska paine-ero ei pysy vakiona. Asennetun venttiilin ominaiskäyrään on huomioitava putkistojen painehäviöt. Sisäinen ominaiskäyrä Määritetään niin, että paine-ero venttiilin läpi säilyy vakiona.

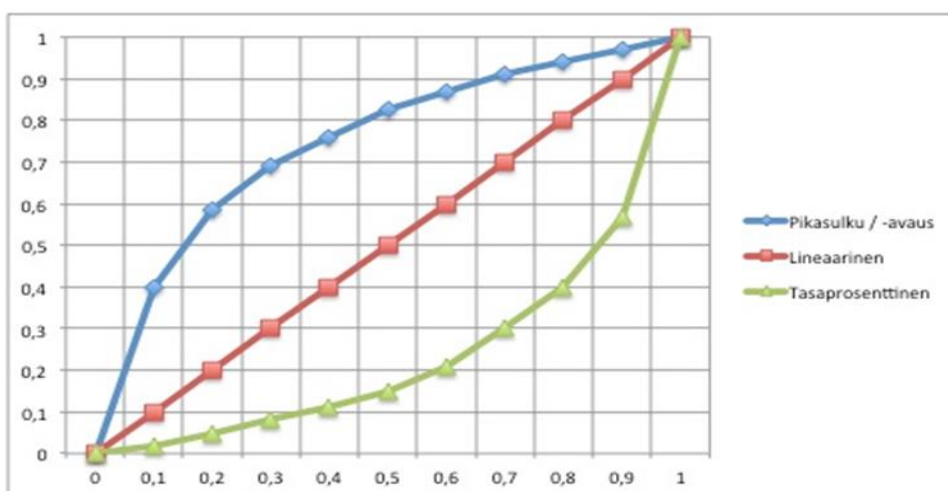
Virtaama venttiilin läpi saadaan kaavasta: $q = Kv \Delta p^{\frac{1}{2}}$ (1)

q = virtaama

Kv = kapasiteettikerroin, (kuvaa venttiilin tehollista poikkipinta-alaa)

Δp = paine-ero venttiilin yli

(Pulli 2009, 114)



Kuva 5: Ominaiskäyrätyypit, kapasiteetin ja avautumisasteen suhde (Pulli 2009, 114)

Kuvassa esitetään ominaiskäyrä kapasiteetin ja avautumisasteen suhteena. Asennetun venttiilin paine-ero venttiilin yli on siis vaihteleva johtuen laitteiston muiden komponenttien vaikutuksesta. Järjestelmän painehäviöiden huomioimisella saadaan oikeanlainen perustelu käyrän valintaan. Metson Neles järjestelmä on esimerkiksi yksityiskohtainen Putkiston mitoitusohjelma, jolla säätöventtiilien valintaan vaikuttavia tekijöitä voidaan tarkastella. (Pulli 2009, 115)

Venttiilien virtausteknistä ominaisuutta kuvaavat käyrät:

Avaus/pikasulkuominaiskäyrä: Maksimivirtaama syntyy jo pienellä venttiilin avautumisella.

Lineaarinen ominaiskäyrä: Lineaarisella käyrällä venttiilin sulkuelimen asento on verrannollinen virtaamaan. Esimerkiksi 60% auki = 60% virtaus maksimista.

Tasaprosenttinen ominaiskäyrä: Samansuuruinen sulkuelimen asennonmuutos aiheuttaa prosentuaalisesti vakion lisäyksen virtaamaan. Tämän ominaisuuden takia sopii erittäin hyvin säätöventtiiliksi.

Yleinen periaate venttiiliä valittaessa käytettäessä ainoastaan ominaiskäyrää valintaperusteena.

Avausominaiskäyrä: Käyttö paikoissa joissa jatkuva kiinni/auki tarve, laitekokonaisuuksissa joissa tarve hetkellisesti suurelle virtaamalle (palolinjat, hätäpumppaus).

Lineaarinen ominaiskäyrä: Käyttö paikoissa joissa paine-ero suhteellisen vakio (pinnansäädöt, virtauksensäädöt).

Tasaprosenttinen ominaiskäyrä: Käyttö paineensäätöjärjestelmissä joissa voidaan odottaa isoja vaihteluita painehäviössä (lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät).

3.1.5 Materiaalit

Venttiilien materiaalien valintaa ohjaavat väliaineen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Venttiili voi sisältää useaa eri materiaalia. Venttiilin eri osien, kuten rungon, karan, sulkuelimen, sulkuelimen tiivistepinnan, tiivisteen sekä sidosruuvien materiaalit voivat poiketa toisistaan. Materiaalin merkitys on tärkein tekijä venttiilin käyttöiän kannalta. Kaikkien valvottujen prosessien venttiileille on olemassa stan-

dardi joiden mukaan materiaalit tulisi valita. Luokituslaitoksen vaatimukset antavat oman lisänsä venttiileihin kohdistuville vaatimuksille.

Aluksilla haasteellisia väliaineita löytyy lasteista. Hapot, räjähdysherkät väliaineet ja kaasut aiheuttavat erityisvaatimuksia lastinkäsittelyn venttiileille. Huomioitavaa ei ole pelkkä väliaineen kemiallinen koostumus vaan myös sen muutokset eri paineissa ja lämpötiloissa. Optimaalisen materiaalin löytämiseksi kannattaa turvautua venttiilivalmistajien asiantuntemukseen. Sekä myös on hyvä vertailla luokan vaatimuksia ja venttiilien toimittajien suosituksista, vaikka luokitus onkin määrävä lopullisen valinnan kannalta.

Optimaalisen materiaalin löytäminen on tärkeää, koska materiaalien ylityö ei ole taloudellisesti järkevää. Aluksien muiden toimintojen kuten polttoaineiden, meri- ja makeavesien käsittelyssä on huomioitava myös samat tekijät.

Pääsääntönä on, että venttiilin materiaali on ominaisuuksiltaan vähintään samaa tai hieman parempaa kuin putkimateriaali.

J. Penttilän mukaan venttiileiden materiaaleista puhuttaessa ne voidaan jakaa perus-, erikois- ja supermetalleihin. Käyttösovelluksia voidaan monipuolistaa aineiden ominaisuuksien mukaan.

Perusmetalleihin kuuluvat valuteräiset ja sen eri sovellukset. Erikoismetalleihin kuuluvat metallit joiden kestävyys korroosiota ja muokkautuvuutta vastaan on parempi. Niihin kuuluvat esimerkiksi hapankestävät teräset, erilaiset kuparisovellukset ja punametalli. Superseokset ovat usean yhdisteen seoksia, jotka säilyttävät ominaisuutensa hyvinkin vaativissa olosuhteissa. Supermetalli sovelluksia on esimerkiksi nikkeli-molybdeeni-kromi, joka tunnetaan tuotenimellä hastelloy, nikkeli-kupari-titaani-alumiiniseos, joka tunnetaan tuotenimellä monel sekä koboltti-molybdeeniseos, joka tunnetaan nimellä stelliitti. (henkilökohtainen tiedonanto 15.12.1015) Erikoisseoksia käytetään lähes aina ainoastaan venttiilien pitopinnoissa.

3.1.6 Virtausaineen kemialliset ja fysikaaliset vaikutukset venttiiliin

Virtausaineen ominaisuuksilla on suuri merkitys venttiilin kestoikään. Virtausaineen ominaisuudet ovat tärkein tekijä materiaalia valittaessa. (Toukonummi, 1981 III)

Virtausaineen kemiallisten vaikutusten, aineen Ph:n tason ja metallien jalouseron aiheuttama korroosio. Fysikaalisia vaikutuksia on esim. kavitaatio ja virtausaineen hiova vaikutus.

Virtausaineilla kemiallisista vaikutuksista merkittävimmät ovat korroosio ja eroosio. Korroosiolla tarkoitetaan aineen syöpymistä, kun kemiallisen tai sähkökemiallinen reaktio kohdistuu materiaaliin. Kemiallisella korroosiolla tarkoitetaan materiaalin suoraa liukenemista syövyttävään ympäristöön. Galvaanisella korroosiolla tarkoitetaan alueellista syöpymistä joka johtuu metallien jalous-erosta, jalompi metalli aiheuttaa epäjalomman alueellisen syöpmisen. Paikallinen korroosio tarkoittaa metallin pinnassa olevan passiivikerroksen rikkoutumista, esimerkiksi kromin mekaanisesta räsityksestä aiheutuvaa vaurioitumista. Korroosio aiheutuu tämän jälkeen pinnoitteen ja perusaineen jalousaste-erosta.

Sähkökemiallisella korroosiolla tarkoitetaan metallien syöpymistä olosuhteiden vaikutuksesta. Mekanismi vaatii korroosioparin syntymisen sähköä johtavassa virtausaineessa. Kun korroosiopari on kosketuksessa elektrolyyttiin aiheuttaa se epäjalomman metallin syöpmisen. Reaktio voi tapahtua myöskin yksittäisen metallin pinoissa johtuen metalliseoksen rakenteellisista eroista. Reaktiossa on kyse hapettumisesta ja pelkistymisestä, syöpyvä metalli jota kutsutaan anodiksi hapettuu luovuttaen elektroneja jotka liukenevat väliaineeseen. Pelkistymisellä viitataan vastaanottavaan kationiin, joka vastaanottaa elektronit. Metallien elektrolyytin potentiaaliero on syy sähkökemiallisen korroosion syntymiselle. Tästä syystä onkin tärkeää valita materiaalit jotka ovat lähellä sähkökemiallisesti lähellä toisiaan. (Laitinen 1990, 12)

Aluksilla sähkökemialliseen korroosiota esiintyy erityisesti merivesilinjastoissa ja erityisen kriittinen kohta merivesikaivo. Korroosiota voidaan hidastaa esimerkiksi asentamalla katodinen suojajärjestelmä joka sisältää sähköä syöttävän virtalähteen, vertailuelektrodeja sekä anodeja. Virtalähde seuraa vertailuelektrodilta suojauksen tason tarvetta ja säättää järjestelmää optimitasolle syöttämällä anodeihin sähkövirtaa.

Anodit toimivat kolmantena metallina estäen galvaanista korroosiota. (Korroosiokäsikirja 1988, 170)

Eroosiolla tarkoitetaan aineen pinnassa olevan passivointikalvon syöpymistä tai rikkoutumista. Eroosiokorroosioon vaikuttavat eniten väliaineen virtausnopeus, kavitaatio ja pienhiukkasten hiova vaikutus. Eroosiota estetään vaihtamalla materiaali kovempaa seokseen, minimoimalla jyrkät virtaussuunnan muutokset ja valitsemalla venttiili pienemmällä virtausvastuksella. (Korroosiokäsikirja 1988, 167)

Aluksilla tyypillisiä eroosiolle altistuvia kohteita ovat venttiilit ja pumppujen impellerit. Kavitaatio on ilmiö, joka syntyessään aiheuttaa vaurioita venttiileissä.

Kavitaatio on eroosiota aiheuttavana ilmiönä erittäin voimakas. Kavitaation syntymisen vaatii tietyntaiset virtausolosuhteet. Virtaavan nesteen vastuksen kasvaessa sitä kuristavassa kohdassa virtausnopeus kiihtyy, koska virtaava nestemäärä pysyy putkilinjan joka kohdassa vakiona. Virtausta vastustava elementti on esimerkiksi venttiilin sulkuelin.

Kavitaatio alkaa virtausta vastustavan kappaleen alkuosassa, jossa nesteen paine putoaa alle höyrystymispisteen. Tästä syystä nesteeseen muodostuu kaasukuplia. Kaasukuplat lyhyistyvät nopeasti paineen tasaantumisen seurauksena, joka aiheuttaa paineiskun. Epäsymmetrisessä tilassa paineaallon vaikutus vaurioittaa venttiiliä. Paineisku voi olla voimakkuudeltaan merkittäviä. Useat lyhyet paineiskut ylittävät materiaalin kestäkyvyn ja näin aiheuttavat pysyviä vaurioita. Venttiileissä kavitaatiota voidaan hillitä liikkuvilla sulkuelimillä ja joustavilla putki ja laippaliitoksilla. (Pulli 2009, 25)

3.2 Standardit ja luokitus

YK:n merenkulkujärjestö, International Maritime Organization (IMO) säätelee merenkulkua kansainvälisten sopimusten avulla. IMO:hon kuuluvien jäsenvaltioiden tehtävä on valvoa aluksilla käytettävien laitteiden, komponenttien ja materiaalien ominaisuuksia. Jäsenvaltiot delegoivat tämän valvontatoimen luokituslaitoksille.

Luokituslaitokset ovat organisaatioita, jotka laativat vähimmäisvaatimuksia em. asioille. Luokituslaitosten vaatimukset ovat yksityiskohtaisia tulkintoja IMO:n sopimuksista ja määräyksistä.

Kaikkien laivoissa käytettyjen komponenttien valmistajat hyväksyttävät laitteensa luokituslaitoksilla. Luokituslaitoksien säädökset ja määräykset eivät aina ole yhdenmukaisia, tästä syystä on perustettu luokituslaitosten kattojärjestö International Association of Classification Societies (IACS), jonka tavoitteena on yhdenmukaistaa luokituksen vaatimuksia.

Operatiivisen johtajan Päivi Björkestamin mukaan aluksilla venttiilien valintaa määrää ainoastaan luokituslaitoksen määräykset ja vaatimustasot. Kaikki kansalliset ja yleiseurooppalaiset lait sekä asetukset eivät aseta välttämättä mitään vaatimuksia tai määräyksiä alusten laitekokonaisuuksien valintaan ja käyttöön, vaan kaikki perustuu IMO:n kautta tuleviin määräyksiin ja niiden sovelluksiin. IMO:n ja luokituslaitosten määräykset perustunut kuitenkin osittain ylikansallisiin lakeihin, ja sitä kautta lakien muutokset voivat aiheuttaa muutoksia IMO:n vaatimuksiin ja näin ollen jäsenvaltioiden viranomaisia edustavien luokituslaitosten määräyksiin.

Venttiileille asetettujen määräysten ja vaatimuksien tutkimisessa on perehdyttävä luokituslaitosten julkaisuihin. Esimerkiksi Lloyds` Registerin julkaisema ”Rules and Regulations for the Classification of Ships” kohta 5 ”Main and auxiliary machinery” selostaa em. luokituslaitoksen säädökset venttiilien materiaali-, koko-, asennus ja käyttövaatimuksista. (henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2016)

Venttiilistandardien merkitystä ei sovi valinnassa unohtaa. Standardin tarkoituksenaan on osoittaa tuotteen käyttäjälle sen laatu, yhdenmukaisuus ja vaatimustaso. Yleishyväksytyjen standardien avulla pystytään luokituslaitokselle osoittamaan komponentin tekniset ominaisuudet.

Erilaisia standardeja ja niitä myöntäviä järjestöjä on lukematon määrä, mutta virallinen standardi on kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n standardiksi vahvistama normi (kansainvälinen standardi) tai sen jonkin jäsenjärjestön, esimerkiksi SFS:n, standardiksi vahvistama normi (kansallinen standardi).

SFS:n käsikirjasarja 46 on relevantti venttiilien vaatimuksia tarkastellessa.

Operatiivisen johtajan Päivi Björkestamin mukaan luokituslaitosten venttiileihin sovellettavat vaatimukset eivät ole alisteisia standardien ohjeistuksille tai vaatimuksille, vaan luokituslaitokset arvioivat aina itsenäisenä toimijana laitekokonaisuuksien vaatimuksia ja vaatimusten muutostarpeita perustuen IMO:n säädöksiin.

(henkilökohtainen tiedonanto 1.2.2016)

4 LASKENNALLINEN MITOITTAMINEN

4.1 Venttiilien virtaustekniset vaikutukset

Minkä tahansa aineen virtaus putkistoissa synnyttää aina painehäviöitä, jotka muuttuvat lämpöenergiaksi paineen laskun ja aineen lämpenemisen takia. Virtausta vastustavien asioiden vaikutusten tunteminen on tärkeä asia mitoittaessa virtausta tuottavaa laitetta. Seuraavassa tarkastellaan laskentamalleja, joilla voidaan määrittää venttiilien aiheuttamia häviöitä eri väliaineilla.

Putkiston virtausteknisessä mitoituksessa virtausvastukset jaetaan kahteen osaan:

- Kitkavastusten aiheuttamat painehäviöt
- Armatuurien aiheuttamat kertavastukset

Venttiilien kapasiteettia tutkittaessa niiden virtausominaisuudet eli virtausta vastustava ominaisuus on selvitettävä. Kapasiteettia laskettaessa on tiedettävä kappaleen virtausta vastustava kerroin. Kertavastuskertoimen arvo saattaa vaihdella täysin auki olevan sulkuventtiilin 0,5:stä, säätöventtiilin lähes äärettömään lukuun.

Prosessiputkistojen virtausmuoto on lähes aina turbulenttista joitain putkistojen pitkiä suorien osuuksia lukuun ottamatta. Turbulenttisten virtauksien kitkavastustusten määrittäminen on lähinnä kokeellista, koska se ei ole teoreettisesti mahdollista. Syy-

nä on, että virtaustyyppiä kuvaavan Reynoldsin luvun vaikutus ei ole vakio suhteessa muihin vaikuttaviin tekijöihin. (Kauranne 2009, 59)

Kitkavastusten tarkastelu ei ole armatuureja mitoittaessa tarpeellista. Kitkavastuksien huomioiminen on tietysti oleellista putkistokokonaisuuksia mitoittaessa. Putkistokokonaisuuksien laskennassa on otettava huomioon Reynoldsin luku ja putkiston pinnan karheus. Putkistokokaisuuksien kitka ja kertavastuksien laskentaesimerkkejä löytyy lähteestä Kauranne 2008.

Venttiileissä tapahtuva virtaus on siis turbulenttista jossa on monenlaisia poikkipinnan, suunnan ja virtausnopeuden muutoksia, tästä syystä kertavastusten laskennallinen osoittaminen on vaikeaa. Laitevalmistajat turvautuvat usein käytännön kokeisiin.

Kertavastuksesta aiheutuva painehäviö voidaan laskea yhtälöstä:

$$\Delta p = \text{kertavastuskerroin} \times \frac{\rho \times v^2}{2} \quad (2)$$

ρ = nesteen tiheys

v = keskimääräinen virtausnopeus

Kertavastuskertoimen arvo on riippuvainen virtauskanavan muotoilusta. Kertavastuskertoimet on osoitettu kokeellisesti. Esimerkkinä Erään laitevalmistajan antamia arvoja eri venttiilityypeille venttiilin ollessa täysin auki:

Venttiilityyppi	ζ - arvo
Luisti-	0,2...0,5
Istukka-	5...6
Takaisku-	4...7
Läppä-	0,08...1,5
pallo-	0,03...0,3
Kalvo-	1...3

Taulukko 2: Kertavastuskertoimia eri venttiilityypeille

Aina on toivottavaa, että kaikki eri järjestelmät toimisivat mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella eli virtauksen aiheuttamat painehäviöt olisivat vähäisiä. Laitekokonaisuuksien suunnittelu vaatii putkilinjojen kokonaispainehäviöiden tuntemista. Yksittäisen venttiilin liian suuren painehäviön vaikutus aiheuttaa koko prosessin loppupainetason jäämisen virheelliseksi.

4.2 Säätoventtiilin mitoitus

Säätoventtiilin mitoittaminen tehdään määrittämällä sen Kv-arvo, joka tarkoittaa virtausmäärää tunnin aikana yhden baarin paine-erolla. Säätoventtiiliä mitoittaessa on hyvä käyttää tähän tarkoitettuja ohjelmistoja tuloksen oikeellisuuden varmistamiseksi. Jos ei ole käytettävissä mitoitusohjelmaa hyvään tulokseen päästään, kun venttiilin paine-ero on noin 30% koko laitekokonaisuuden painehäviöstä venttiilin ollessa 60% auki. (Pulli 2009, 116)

Kv-arvon laskentaperuste riippuu siis siitä onko kyseessä neste vai kaasu, sekä virtauksen ja paineen suhteesta. Virtauksen ja paineen suhdetta kuvataan joko alikriittisenä virtauksena tai ylikriittisenä virtauksena. Virtaus on alikriittinen, jos paine venttiilin jälkeen on isompi kuin $0,5 \cdot \text{tulopaine}$. Virtaus ylikriittinen, kun se on pienempi kuin $0,5 \cdot \text{tulopaine}$. Eri väliaineille laskettaessa Kv-arvoa on kerättävä seuraavat suureet:

Q	Tilavuusvirta (m^3/h)
Qn	Kaasun tilavuusvirta (Nm^3/h)
G	Höyryvirta (kg/h)
p1	Tulopaine (bar)
Δp	Painehäviö (bar)(p1-p2)
p2	Lähtöpaine (bar)
P	Nesteen tiheys (kg/m^3)
Pn	Kaasun tiheys (kg/m^3)
v1	Höyryn ominaistilavuus, lämpötila ja lähtöpaine huomioiden (m^3/kg)
v2	Höyryn ominaistilavuus, tulopaine*0.5 ja lämpötila huomioiden (m^3/kg)
T1	Lämpötila ennen venttiiliä (K)

Eri väliaineiden Kv-arvon tulos tarkoittaa venttiilin virtausta vastustavien asioiden vaikutuksien yhteen laskemista. Tulos on m³/h.

$$\text{Nesteet: } kv = \frac{Q}{31,6} \times \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \quad (3)$$

$$\text{Kaasut (alikirittinen virtaus): } kv = \frac{Qn}{514} \times \sqrt{\frac{\rho n \times T1}{\Delta p \times p2}} \quad (4)$$

$$\text{Kaasut (kriittinen virtaus): } kv = \frac{2 \times Qn}{514 \times p1} \times \sqrt{\rho n \times T1} \quad (5)$$

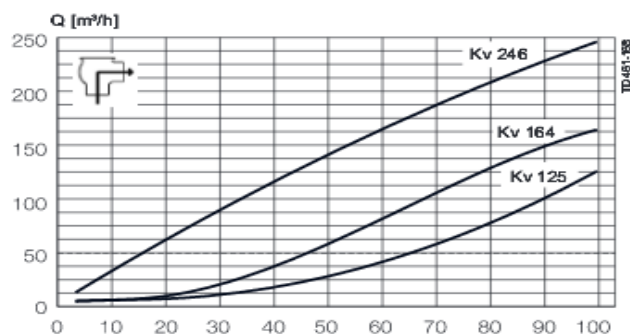
$$\text{Höyry (alikirittinen virtaus): } kv = \frac{G}{31,6} \times \sqrt{\frac{v1}{\Delta p}} \quad (6)$$

$$\text{Höyry (kriittinen virtaus): } kv = \frac{2 \times Qn}{514 \times p1} \times \sqrt{\rho n \times T1} \quad (7)$$

(Armatec www-sivut 2016)

Kv-arvo säätöventtiilillä on tietysti vaihteleva säätöelimen liikkeen takia. Sääto on tarkin säätöelimen ollessa 30-70% auki. Laitevalmistajat ilmoittavat käyrästäjossa Kv-arvo kuvataan avausasetuksen funktiona.

Laskennassa selvitetään täysin auki olevan venttiilin Kv-arvo. Jotta säätäminen olisi mahdollista, venttiilin Kv-arvon tulisi olla niin suuri ettei täysin auki oleva venttiili rajoita virtauksen määrää. Mitoituksessa saatu tulos on siis täysin aukinaisen venttiilin kv-arvo. Säätöventtiili valitaan niin, että tulos on venttiilin ominaiskäyrällä mahdollisimman lineaarisella osalla. (Häkkinen 1994, 63)



Kuva 6: Erään venttiilityypin Kv-käyrä (Alfalaval www-sivut 2016)

4.3 Sulkuventtiilin mitoitus

Aluksen laitekokonaisuuksien laskennallisen mitoituksien voidaan olettaa lähtökohteisesti alkuperäisillä suunnittelukaavioilla toteutettuna olevan oikein. Joskus saataan joutua tilanteisiin, joissa epäillään linjojen putkimuutosten olevan virtausteknisesti väärin mitoitettuja tai joudutaan tekemään kokonaan uusi putkilinja. Sulkuventtiilien mitoittaminen määräytyy lasketun putkikoon mukaan, Kuten säätöventtiilillä myös sulkuventtiilillä selvitetään sen Kv-arvo. Kuten säätöventtiilin myös sulkuventtiilin tulisi olla niin suuri ettei se täysin auki olevana rajoita virtauksen määrää.

Sulkuventtiiliä Määrittäessä on myös huomioitava dynaamisien voimien vaikutus venttiilin kiinnityksiin ja putkistokokonaisuuksien rakenteisiin. Paineenvaihtelut putkistoissa aiheuttavat niiden värähtelyä ja parhaimmassa tapauksessa niiden rikkoutumista. Putkilinjojen kiinnitykset aluksilla ovat kiinteitä eivätkä ne makaa kannattimillaan vapaasti. Siksi niiden rasituksien kestävyys tarkastelu on moniulotteista ja vaikeaa.

Yksinkertaisimmillaan tuennassa ei saa esiintyä resonointia mikä aiheuttaisi materiaalien väsymistä ja rikkoutumista. Aina tämä ei ole täysin mahdollista, ja siksi on joskus turvauduttava värähtelyä vaimentaviin jousikannakkeisiin ja aksiaalitasaimiin. Aksiaalitasain on putkistoon liitettävä osa johon on lisätty liikettä myötälevät palkeet. (Kivioja 2000, 149) Tuennan dimensioiden eli värähtelyä vastustavien ja kestävien voimien ylimitoittaminen liikeamplitudien voimiin nähden on aina suotavaa. (Pulli 2009, 93)

4.4 Varoventtiilin mitoitus

Varoventtiilin mitoitus on yksinkertaista, koska ainoa suure joka täytyy huomioida on ulospuhallusteho. Valintaan vaikuttava avauspaine on myös laskennallisesti osoitettavissa, mutta koeponnistuksella tarkastetun ja oikein säädetyn vastuksen muuttaminen on ehdottomasti kielletty. Varoventtiilin nimelliskoko on suoraan verrannollinen ulospuhallustehoon.

$$\text{Ulospuhallusteho lasketaan kaavasta: } G = \frac{3600K\emptyset}{h} \quad (8)$$

G = Ulospuhallusteho (kg/h)

K = Varmuuskerroin (1.5-2)

h = veden höyrystymislämpö (Kj/Kg c)

\emptyset = Kattilan teho (Kw)

5 TIIVISTEET

5.1 Tiivisteiden tehtävä ja merkitys

Tiivisteellä tarkoitetaan laitekokonaisuuteen lisättävää komponenttia jolla pyritään estämään virtausaineen vuotoja. Tiivistimellä tarkoitetaan kokonaisuutta joka koostuu itse tiivisteestä ja sitä ympäröimästä tiivistepinnasta. Venttiilien tiivistelmiä tarkastellessa ne voidaan jakaa kahteen ryhmään, ulkoiset ja sisäiset tiivistelmät. Ulkoisilla tiivistelmillä tarkoitetaan tiivistelmiä jotka estävät väliaineen vuodon venttiilin ulkopuolelle. niihin kuuluvat karan-, rungon- ja laipantiivistelmät. Sisäiseen tiivistelmään kuuluu sulkuelimen tiivistelmä, jonka tarkoituksena on sulkea linjan väliaineen virtaus. Aluksilla venttiilien asennuksen ja korjauksen toimenpiteet kohdistuvat pääosassa karan ja laipan tiivisteiden vaihtoon, koska venttiilien sisäisten tiivisteiden vaihto tarvitsee erikoistyömenetelmiä ja koneistusta. Tässä osiossa keskitytään näiden kahden kohteen tiivisteiden ja tiivistelmien valintoihin.

Tiivisteiden tarkoituksena on estää tai vähentää vuotoja erilaisissa liitoskohdissa. Tiivisteiden tarkoituksena on myös eri väliaineiden eristäminen. Oikeilla tiivistevalinnoilla turvataan koneiden ja laitteiden turvallinen käyttö ja toimivuus. Oikeilla tiivistevalinnoilla estetään painehäviöt, pidennetään laitteiden käyttöikää sekä pidennetään laitteiston huoltoväliä.

5.2 Tiivistemateriaalit ja niiden valinta

Venttiileiden tiivistemateriaalien valinnan perustana on sama käytäntö kuin itse venttiilin valinnassa. Väliaineen kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet määrittävät sopivan tiivistemateriaalin. Materiaalin oikean valinnan lisäksi on huomioitava ettei tiivisteet paineluokka ole venttiiliä pienempi.

Tässä käsitellään muita materiaalivaihtoehtoja kuin metalleja jotka lähtökohtaisesti ovat sulkuelimen pitopintojen tiivistiminä. Venttiilin karan ja laippojen tiivisteet ovat tärkeitä ulkoisen vuodon estämiseksi. Aluksilla tiivisteiden vaihto ja asennus keskittyy juuri näihin kohteisiin. Palloventtiilien pitopintojen tiivisteet ovat myös laivaolosuhteissa vaihdettavissa. Seuraavassa esitellään vaihtoehtoja käyttökohteittain:

Laippatiivisteet

- Grafiittilevytiiviste: Käyttökohteita korkean paineen alaiset linjat ja lämpötilat yhdessä, vaativat kemian kohteet. Korkea paineen ja lämpötilan kesto. Kestää happoja ja emäksiä. Aluksilla sopivuus höyrylinjoihin.
- PTFE, polytetrafluorieteeni: Tämä materiaali on ominaisuuksiltaan sellainen, että se korvaa lähes kaikkien muiden materiaalien käytön. Materiaali on hyvin muotonsa pitävä kaikissa olosuhteissa. Sopii useimpiin laippatyyppeihin ja on pitkäikäinen. Saatavana myös tiivistenauhana. Aluksilla käytössä esimerkiksi vesi- ja polttoainelinjoissa.
- RXPT-50: Joka paikan tiivistemateriaali, ei kriittisimpiin kohteisiin. Nitrilikumin (NBR) ja aramid-kuitujen seos. RXPT-50 soveltuu mataliin lämpötiloihin ja paineisiin. Virtausaineina voi olla öljy, vesi, ilma, laimeat hapot ja emäkset. (Tiivistetekniikka www-sivut 2015)

- Chesterton 109, styreenibutadieenikumi: Sopii vesisovelluksiin matalille paineille (alle 20 bar), sekä kevyisiin hydraulikka sovelluksiin.

(Chesterton www-sivut 2016)

Karatiivisteet

- Chesterton 1600/1601, Grafiittinauha: Ensiluokkainen materiaali vuotojen estämiseksi. Erittäin lujat grafiittinauhakerrokset muodostavat tiheät säkeet. Tiheä, mutta taipuisa tiiviste sopii Korkeisiin lämpötiloihin ja paineisiin ja kaikille Ph:n tasoille. Aluksilla käytössä höyrylinjoissa.
- Chesterton 1727, PTFE tiivistenauha: Kestää useimpia virtausaineita, Ph 1-13, Polttoaine ja lastilinjoihin. (Chesterton www-sivut 2016)

6 VENTTIILIEN VIKAANTUMINEN

6.1 Venttiilien vikojen havaitseminen ja niiden ennaltaehkäisy

Venttiilien vikaantumisen aiheuttavia tekijöitä on lähes rajaton määrä. Seuraavassa on lueteltu niistä yleisimmät, ja sellaiset, joihin voidaan helposti vaikuttaa.

- Osien ja komponenttien valmistusvirheet
- Asennuksessa tapahtuneet vauriot
- Käyttövirheet
- Karan Vaurioituminen ja jumiutuminen ulkoisesta syystä
- eroosioon ja kavitaatioon johtavat virheelliset käyttö- ja materiaalivalinnat
- Laitteiston tärinä
- Yleinen puhtaus

Kaikki edellä mainitut syyt ovat helposti pois suljettavissa, mutta niiden aiheuttamat vauriot eivät aina ilmene välittömästi. Yleisin toiminnallinen ongelma venttiilin vikaantuessa on, että siihen kytketty toimilaite alkaa oireilla tai vastaavasti käsikäyttöisen venttiiliin käytössä ilmenee poikkeavuuksia. Venttiilien viat ovat yleensä toistensa syyseurauksia. Vikojen korjauksessa kannattaa aina varmistua muiden komponenttien toiminnallisuudesta.

Venttiilin toimintakyky lakkaa hyvinkin vaihtelevalla aikajänteellä, riippuen vikaantumistavasta. Esimerkiksi virtausaineen vaikutuksesta kara voi jumiutua johonkin asentoon. Tällaisessa tapauksessa sulkuelimen väärä asento voi aiheuttaa siihen vaurioita. Sulkuelimen ja sitä ympäröivän rungon hankaus aiheuttaa ainevahvuudeltaan heikomman aineen kulumista. Tästä syntyvät pienhiukkaset aiheuttavat taas kulumista muihin pintoihin. Karan pinnan kulumista voi aiheuttaa eroosio, jota edesauttavat karan ohjausholkin väärä vällys, väliaineen virtausnopeus ja paine. Venttiiliä huollettaessa on huomioitava karaan kohdistunut eroosio. Karan ja holkin välisen vällyksen muutos ja lisääntynyt kitka on yleensä merkinä siitä, että karan tai koko venttiilin käyttöikä on loppumassa.

Yleisen puhtauden, oikeiden käyttötapojen ja venttiilin toimintakyvyn aktiivinen seuranta on paras tapa pidentää niiden käyttöikää ja minimoida huollossa suoritettavien toimenpiteiden tarvetta.

6.2 Venttiilien huolto aluksilla

Aluksien venttiilien huolto tapahtuu yleensä vasta sen toiminnan virheellisyyden tai rikkoutumisen seurauksena. Aluksilla venttiilien huoltoon kannattaa suhtautua aina hieman varauksellisesti. Venttiilien huoltoon tarvitaan erikoistyökaluja ja koneita joita aluksilla harvoin säilytetään. Venttiilien huollossa tarvittavia pientyökaluja voi tilata tai valmistaa itse, mutta esimerkiksi isojen epäkeskohiomakoneiden säilytys laivoilla on harvinaista niiden suuren koon takia. Laivaolosuhteissa huolletun venttiilin oikeanlainen koeponnistus on myös mahdotonta siihen vaadittavan oikeanlaisen laitteistoiden puuttumisen takia. Lähtökohtaisesti kriittisimpien venttiilien varalla pito on normaalia kunnossapitosuunnittelua aluksilla. laivaolosuhteissa venttiilin huoltoon kuuluu tiivisteiden vaihto. Venttiilien pitopintoja voi hioa, mutta sen tiiviyden parantavaa vaikutusta ei voida todeta em. oikeanlaisen koeponnistuslaitteiston puuttuessa. Lähtökohtaisesti voidaan aina ajatella sen ainakin parantavan venttiilin sisäistä pitoa.

Venttiileille tehtävät huoltotoimenpiteet ovat hyvin yksinkertaisia. Jokaisen venttiili-tyypin huoltoon liittyy erilaisia huomioitavia asioita ja tekniikoita. Venttiilien toimit-tajat tarjoavat varaosa- ja tiivistekonaisuuksien lisäksi täydellisiä huoltoon liittyviä ohjeita. Seuraavassa aluksilla yleisimmän venttiilimallin istukkaventtiilin huoltoon liittyviä ohjeita:

Istukkaventtiilin huoltoon kuuluu karan tiivistepunosten vaihto ja pitopintojen hionta. Venttiilin rungossa oleva ns. rinnantiiviste vaihdetaan myöskin uuteen. kaikkien tiiv-istepintojen puhdistus ja hoonaus on tärkeää uuden tiivisteiden pitävyydelle. Ventti-i-lin karan punostiivisteet voidaan vaihtaa myös venttiilin ollessa kiinni linjassa, mutta lähtökohtaisesti kaikki työ on helpompi toteuttaa irrallisella venttiilillä, tämän lisäksi päädytään usein paljon parempaan lopputulokseen.

Huolto aloitetaan avaamalla venttiilin boxin eli karan tiivistepunosten kiristäjä. Tä-män jälkeen avataan kansi joka on yleisesti kiinnitetty venttiilin pesään pulttiliitok-sella. Pulttiliitos avaamalla venttiilin kansi saadaan nostettua. Kansi ja kara yhdis-telmä nousee yhtenä kokonaisuutena. Karan päässä oleva sulkuelin on nimeltään sek-la tai keila, joka on kiinnitetty lukitusmutterilla tai seeger renkaalla. Sulkuelimen hi-onnan voi toteuttaa monella eri tavalla. Sulkuelimen pitopinnan voidaan sorvata tai hioa sileäksi. Sorvauksessa on noudatettava erityistä tarkkuutta sulkuelimen asette-lussa sorviin. Epäkesko asettelu aiheuttaa kappaleeseen virheellisen kulman ja vent-tiilistä ei tule toiminnallisesti hyvää. Ns. vapaasti liikkuvan sekla tiivistekulmalla ei ole niin suurta merkitystä kuin kiinteästi kiinnitetyllä, jonka vääränlainen hionta pilaa ja aiheuttaa venttiiliin vuodon.



Kuva 7: Istukkaventtiilin sekla (Kimmo Kauko, 2016)

Seklan hiontaan voi käyttää tarrapohjaisia hiomapapereita tai hiontatahnaa. Hiontatahnan käyttö on yleensä turhaa, koska hiomapaperilla päästään aina vaadittavalle tasolle. Hiomapaperien karheusvalinnoissa kannattaa valita liian hieno kuin liian karhea. Seklan hiontaan käytettävän työkalun muotoon vaikuttaa sekkan muoto. Tarkoituksena on, että tasaisella pyörivällä liikkeellä sekkan pitopinta hiotaan takaiseksi. Hiomapaperin voi kiinnittää putkimateriaalin jonka seinämävahvuus vastaa sekkan pitopinnan kokoa. Vaihtoehtoisesti tasanen sekkan hiontaan voi käyttää umpinaista laikkaa tai putkea. Porakoneeseen kiinnitettävä hiontalaippa on myös hyvä vaihtoehto. Tarrakiinnitteinen hiomapaperi on helppo muotoilla sopivaksi terävää veistä käyttäen hiontatyökaluun.

Venttiilin pesän eli istukan tiivistepinta, seeti, hiotaan käyttämällä vastaavaa työkalua. Valitaan seetin halkaisijaa vastaava umpinainen putki, jolla tasaisella pyöritysliikkeellä hionta toteutetaan. Pahoin vioittuneen pinnan uusimista voi harkita jos seeti on kierrelukitteinen ja näin ollen vaihdettavissa. Seetin ja sekkan kokonaan vaihtamista voi tiedustella venttiilin toimittajilta. Tässä tapauksessa on hyvä tarkastella venttiilin kuntoa yleensä ja arvioida kokonaan uuden venttiilin hankinnan hintasuhdetta.



Kuva 8: Istukkaventtiilin seeti (Kimmo Kauko, 2016)

Pitopintojen tiiviiden elinehtona on poistaa kaikki tiivistepinnan kokonaan säteittäin kulkevat virheet, jotka aiheuttavat väliaineiden läpivirtauksen. Yksittäiset eroosion aiheuttamat isotkin virheet eivät aiheuta vuotoa, koska ehjää pitopintaa on kuitenkin sädesuunnassa olemassa. Hiontatulosta on hyvä tarkastella suurentavalla linssillä

kaikkien ehjien virtausreittien pois hiomiseksi. Nyrkkisääntönä riittävänä tuloksena voidaan pintaa jossa on 2/3 ehjää sädesuunnassa.

Tiivistepintojen hionnan jälkeen kara vedetään ulos tiiviste boxista. Tiivistenarut poistetaan ja tiivistetila hoonataan. Hoonaukseen voi käyttää siihen tarkoitettua porakonesovitteista hoonia. Tiivistenauvojen leikkaamisen oikeaan mittaan ohjeistaa tiivistenaumat toimittajat. Siihen tarvittavia leikkuumittareita on saatavilla, jotka automaattisesti suhteuttavat pituuden ja tiivistenauhan paksuuden. Ennen uusien nauhojen asettelua on karan tiivisteisiin kohdistuva pinta hiottava hienolla hiomapaperilla aiheuttamatta kuitenkaan pyöreään muotoon muodonmuutoksia. Kara asetetaan ensin takaisin runkoon ennen uusien nauhojen pujottamista. Tämä jälkeen venttiili voidaan kasata.

Kara on tärkeää pyörittää ylösasentoon, jotta pitopinnat eivät vaurioita toisiaan, kun kansi asetetaan venttiilin pesään. Rungon ns. rinnantiiviste asetetaan ennen pujottamista paikoilleen. Kun kansi on asennettu paikoilleen, karan boxi kiristetään ääriasentoon, jotta nauhat asettuisivat mahdollisimman tiiviiksi kokonaisuudeksi. Boxin kireys määritellään venttiilin käyttömomentilla. Käsikäyttöisellä venttiilillä venttiilin käsittely muuttuu raskaaksi, ja mikä on merkki liian kireästä boxista. Boxi ei saa olla myöskään liian löysä, koska se aiheuttaa vuotoa.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään venttiilien jaottelua, soveltuvuutta ja valintaperusteita eri käyttökohteisiin. Opinnäytetyön tutkimusosa tehtiin yhdistelemällä eri julkaisujen tutkimusmateriaalia ja omaa venttiilihuollon parissa hankittua käytännön tietoa. Työssä käsiteltiin yleisimmät sulku- ja säätöventtiilityypit ja esiteltiin niiden valintaperusteita virtausteknillisesti. Työn tarkoituksena oli antaa syventävä kuva venttiileistä aluksilla toimivalle henkilöstölle, sekä selostaa yleisimmän venttiilityypin, istukkaventtiilin huoltotoimenpiteitä.

Tämä huolto-ohje oli käytännönhuoltotoimenpiteiden kuvausta, koska venttiilien huolto-ohjeistus perustuu venttiilitoimittajien tai niitä valmistavien yhtiöiden materiaaleihin, jotka ovat vaikeasti saatavilla. Venttiilien valintaan vaikuttavia tekijöitä käsiteltiin perusteellisemmin niiden tärkeyden takia. Tiivistöiden valintaan ja valintaperusteisiin vaikuttavat asiat käsiteltiin siltä osin, kun niihin alusolosuhteissa voidaan vaikuttaa.

Huoltoon ei paneuduttu perusteellisemmin, koska yleisesti alukset on varustettu puutteellisesti venttiilien huoltoon tarvittavilla työstökoneilla. Huollon sivuttamisella haluttiin myös rajata työtä. Satakunnan ammattikorkeakoulun opetussuunnitelmassa venttiilejä ei huomioida yksityiskohtaisesti, vaan ne lähestulkoon sivutetaan putkistot ja pumpput kurssin aikana. Venttiilien toimivuus eri prosesseissa on kuitenkin elinehto prosessin toimivuudelle, ja siksi onkin syytä miettiä tämän aihealueen koulutuksen lisäämistä merenkulun insinöörien koulutusohjelmassa. Tämä opinnäytetyö antaa lähtökohdan venttiilien valinnan ja jaottelun perusteiden ymmärtämiselle, ja voisi toimia ainakin osana venttiileitä käsittelevää koulutusmateriaalia.

LÄHDELUETTELO

- Häkkinen, P. 1994. Laivan putkistot. Helsinki: Helsingin Teknillinen Korkeakoulu
- Pulli, M. 2009. Virtaustekniikka. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino oy
- Polon, J., Toukonummi, O. 1981. Venttiilit teollisuusputkistoissa. Helsinki: Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus
- Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P., Tuomikoski, J. 1995. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Painatuskeskus Oy
- Kauranne, H., Kajaste, J., Vilenius, M. 2008. Hydraulitekniikka. Helsinki: Werner Söderström osakeyhtiö
- Tunturi, P.J. 1998. Korroosiokäsikirja. Hangon kirjapaino oy
- Kivioja, S. 2000. Konetekniikka. Helsinki: Yliopistokustannus
- Björkestam, P. 2016. Field Operation Manager, Lloyd's Register. Helsinki. Puhelinhaastattelu 4.1.2016. Haastattelijana Kimmo Kauko.
- Penttilä, J. 2015. Työnjohtaja. Caverion industria oy. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto.
- AlfaLaval [www sivut](http://www.alfalaval.fi). Viitattu 14.2.2016. www.alfalaval.fi
- Konwell [www sivut](http://www.konwell.fi). Viitattu 11.2.2016. www.konwell.fi
- Armotec [www sivut](http://www.armattec.fi). Viitattu 17.2.2016. www.armattec.fi

